



## MINISTERIO DE DESARROLLO RURAL Y TIERRAS OBSERVATORIO AGROAMBIENTAL Y PRODUCTIVO - OAP

---

### *Guía Institucional*

*Metodología para la elaboración de mapas  
de superficie de cultivos priorizados, a  
través de análisis geoespacial multicriterio*

---

**Unidad: Informática y Soporte Tecnológico.**  
**Elaborado por:** Ing. Mauricio Rodríguez Caspa.  
Ing. Susana Gutiérrez Villalobos.

**JULIO - 2017**  
**LA PAZ - BOLIVIA**



## CONTENIDO TEMATICO

I. INTRODUCCION .....	1
II. JUSTIFICACIÓN .....	1
III. OBJETIVOS .....	2
3.1. Objetivo General .....	2
3.2. Objetivos Específicos .....	2
IV. METODOLOGIA DE TRABAJO .....	3
4.1. Variable Uno .....	4
Procesamiento de Imágenes Satelitales .....	4
- DATOS DE ENTRADA .....	4
1.1. Imagen satelital .....	4
1.2. Puntos GPS en campo .....	4
PROCESO .....	5
2.1. Descarga de Imágenes .....	5
2.2. Pre procesamiento de la Imagen .....	5
2.2.1. Radiometría .....	5
2.2.2. Atmosférica .....	5
2.2.3. Geométrica .....	6
2.3. Geo procesamiento .....	6
2.3.1. Análisis de Componentes Principales (ACP) .....	6
2.3.2. Índice diferencial de vegetación normalizado (NDVI) .....	6
2.3.4 Clasificación no supervisada .....	8
2.3.3. Clasificación Supervisada .....	8
2.3.5 Algebra de Mapas .....	9
DATOS DE SALIDA .....	9
5.2. Variable Dos .....	9
Temperatura .....	9
1.1. Información de la normal de temperatura promedio °C .....	10
1.2. Ficha técnica del cultivo .....	10
2.1. Generación de shapefile de puntos .....	10
2.2. Análisis geoespacial (Kriging Lineal) .....	11
2.3. Análisis de reclasificación de temperaturas .....	12
DATOS DE SALIDA .....	12
4.3. Variable Tres .....	12



Altitud .....	12
DATOS DE ENTRADA.....	13
1.1. Curvas de nivel de la zona de estudio .....	13
1.2. Ficha técnica del cultivo. – .....	13
PROCESO .....	13
2.1. Generación de una Red Irregular de Triángulos (TIN).....	13
2.2. Generación del Modelo Digital de Elevaciones (DEM) .....	14
2.3. Análisis de reclasificación altitudinal .....	14
DATOS DE SALIDA.....	14
4.4. Variable Cuatro .....	14
Pendiente.....	14
DATOS DE ENTRADA.....	15
1.1. Modelo Digital de Elevaciones (DEM).....	15
1.2. Ficha Técnica de cultivo.....	15
PROCESO .....	15
2.1. Generación de capa temática de pendiente.....	15
2.3. Análisis de reclasificación de pendientes.....	16
DATOS DE SALIDA.....	16
4.5. Variable Cinco.....	16
Suelo.....	16
DATOS DE ENTRADA.....	17
1.1. Planes de Uso de Suelos (PLUS) .....	17
1.2. Ficha Técnica de cultivo.....	17
PROCESO .....	17
2.1. Generación de capa temática de suelo.....	17
2.2. Análisis de reclasificación del suelo .....	17
DATO DE SALIDA .....	17
4.6. Variable seis.....	17
DATOS DE ENTRADA.....	18
1.1. Capa temática de suelos.....	18
1.2. Boleta de Monitoreo de Campo.....	18
PROCESO .....	18
2.1 Cálculo de superficie en Ha .....	18
2.4. Selección de superficie de interés y reclasificación de la capa temática. – .....	19
DATOS DE SALIDA.....	19

V. CONCLUSIONES .....20

VI. RECOMENDACIONES.....20

VII. BIBLIOGRAFIA.....21

### CONTENIDO DE CUADROS

Cuadro 1. Flujograma general para el monitoreo de cultivos estratégicos .....1

Cuadro 2. Flujograma de metodología actual de identificación de superficies de cultivo .....2

Cuadro 3. Variables para la estimación de superficie de cultivo .....3

Cuadro 4. Flujograma de la variable de procesamiento de imágenes satelitales .....4

Cuadro 5. Proceso de Componente Principales .....6

Cuadro 6. Proceso de Índice diferencial de vegetación normalizado.....7

Cuadro 7. Proceso de Clasificación no Supervisada .....8

Cuadro 8. Proceso de Clasificación Supervisada .....8

Cuadro 9. Proceso de Clasificación Supervisada .....9

Cuadro 10. Proceso de Clasificación No supervisada .....9

Cuadro 11. Flujograma de la variable de temperatura .....10

Cuadro 12. Proceso de generación de shapefile de puntos.....11

Cuadro 13. Proceso de Análisis geoespacial (kriging lineal).....11

Cuadro 14. Proceso de Análisis de reclasificación de temperaturas. ....12

Cuadro 15 Flujograma de la variable de Altitud .....13

Cuadro 16. Proceso de generación de TIN.....13

Cuadro 17. Proceso de generación del DEM.....14

Cuadro 18. Proceso de Análisis de reclasificación altitudinal .....14

Cuadro 19. Flujograma de la variable de Pendiente .....15

Cuadro 20. Proceso de generación de capa temática de pendientes.....15

Cuadro 21. Proceso de Análisis de reclasificación de pendientes .....16

Cuadro 22. Flujograma de la variable de suelo.....16

Cuadro 23. Proceso de Análisis de reclasificación de suelos. ....17

Cuadro 24. Flujograma de la variable de tamaño de parcela.....18

Cuadro 25. Proceso de Análisis de reclasificación .....18

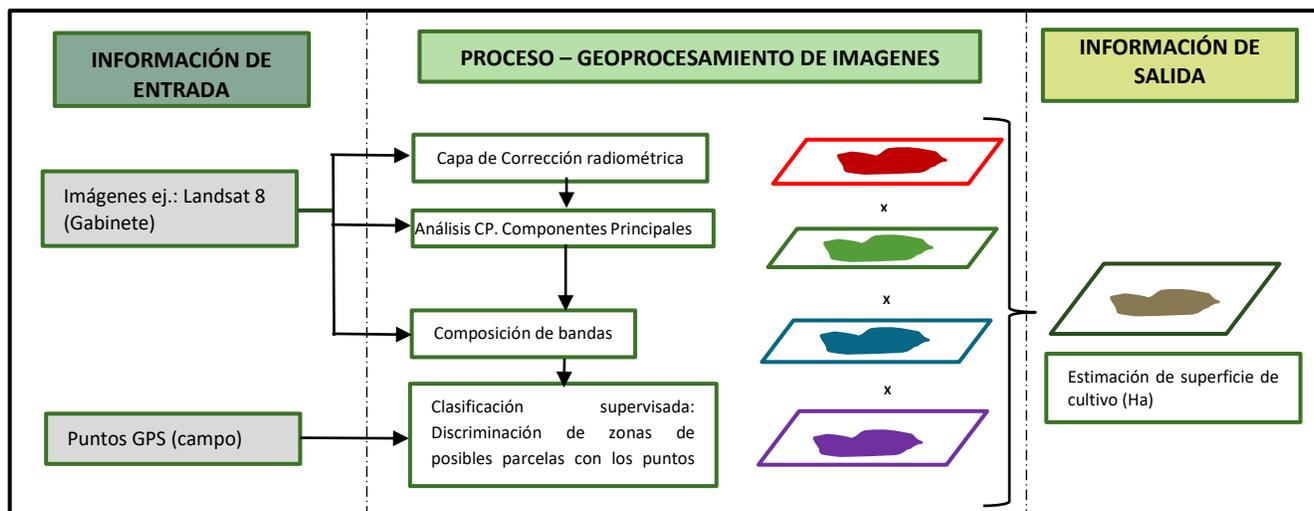
Cuadro 26. Proceso de Análisis de reclasificación. ....19

Cuadro 27. Proceso de Análisis de reclasificación. ....19



Realizando un análisis interno de la metodología que se utiliza para la identificación de parcelas de cultivos se verifica análisis de geoprocésamiento de imágenes con información de puntos GPS levantados en campo, el proceso es el siguiente:

**Cuadro 2. Flujograma de metodología actual de identificación de superficies de cultivo**



Fuente: Presentación institucional OAP. Temática; Monitoreo de cultivos estratégicos mediante imágenes del satélite Landsat 8.

El resultado de este análisis no contempla variables como: altitud, pendiente del terreno, temperatura, tipo de suelo. Por ello las superficies de terreno que se generan como resultado final son sobreestimadas ya que solo se toma en cuenta el Geoprocésamiento de imágenes, la metodología claramente debe tener un enfoque integral de variables que ayuden estimar superficies de cultivo con menor grado de incertidumbre.

Por esta razón una metodología que englobe diversos variables es fundamental el cual este respaldado por un documento que técnicamente muestra el proceso generado. Por ello es preponderante la generación de una guía metodológica que integre todos estos aspectos, para poder ofrecer información de superficies de cultivo con mayor exactitud para utilidad de la entidad y de la sociedad en general.

### III. OBJETIVOS

#### 3.1. Objetivo General

- Brindar una guía metodológica para la elaboración de mapas de superficie de cultivos priorizados a través de un análisis multicriterio.

#### 3.2. Objetivos Específicos

- Mostrar la información, los procesos y criterios técnicos que se deben tomar en cuenta en la generación de mapas de superficie de cultivo.
- Brindar fichas técnicas por cultivo priorizado para llevar a cabo el análisis multicriterio.
- Brindar un documento técnico a la OAP para respaldar la información generada en la estimación de superficies de cultivo con uso de herramientas SIG.

#### IV. METODOLOGIA DE TRABAJO

Para realizar un monitoreo de cultivos estratégicos y las áreas de producción agropecuaria, es necesario identificar las áreas de producción agrícola (superficie de cultivo), tomando en cuenta diferentes variables para ello la metodología más acertada es la aplicación de un análisis multicriterio.

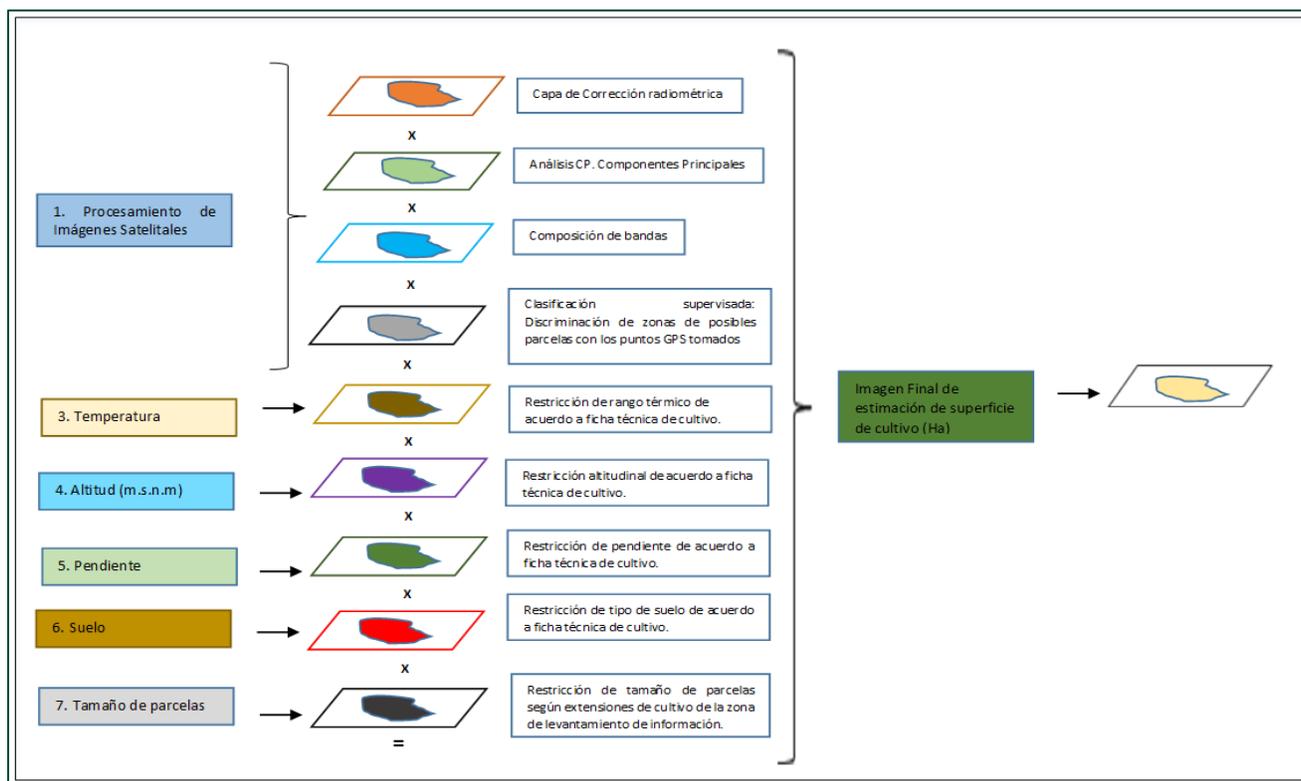
Un análisis multicriterio o multiobjetivo es un conjunto de técnicas utilizadas en la toma de decisiones para evaluar una serie de alternativas, que satisfacen uno o varios objetivos (G. Montserrat, s.f).

La toma de decisiones con una evaluación multicriterio (EMC), es un proceso basado en un conjunto de conceptos, modelos y métodos para describir, evaluar, jerarquizar, elegir o rechazar alternativas, con base en una valoración expresada por intensidades de preferencia, de acuerdo con diversos criterios (Barredo, 1996).

Para la realización de la EMC, se trabajaran capas temáticas en un entorno SIG con las siguientes variables: procesamiento de imágenes el cual combina trabajo de gabinete y campo, temperatura, pendiente, elevación, suelo, tamaño de parcela, estas variables son diferentes para cada cultivo, por ello se generó fichas técnicas (Anexo N°1), para poder contar con la información de entrada que permita realizar la metodología mencionada.

El proceso general para la estimación de superficie de los cultivos se muestra en el siguiente cuadro:

**Cuadro 3. Variables para la estimación de superficie de cultivo**



Fuente: Elaboración propia

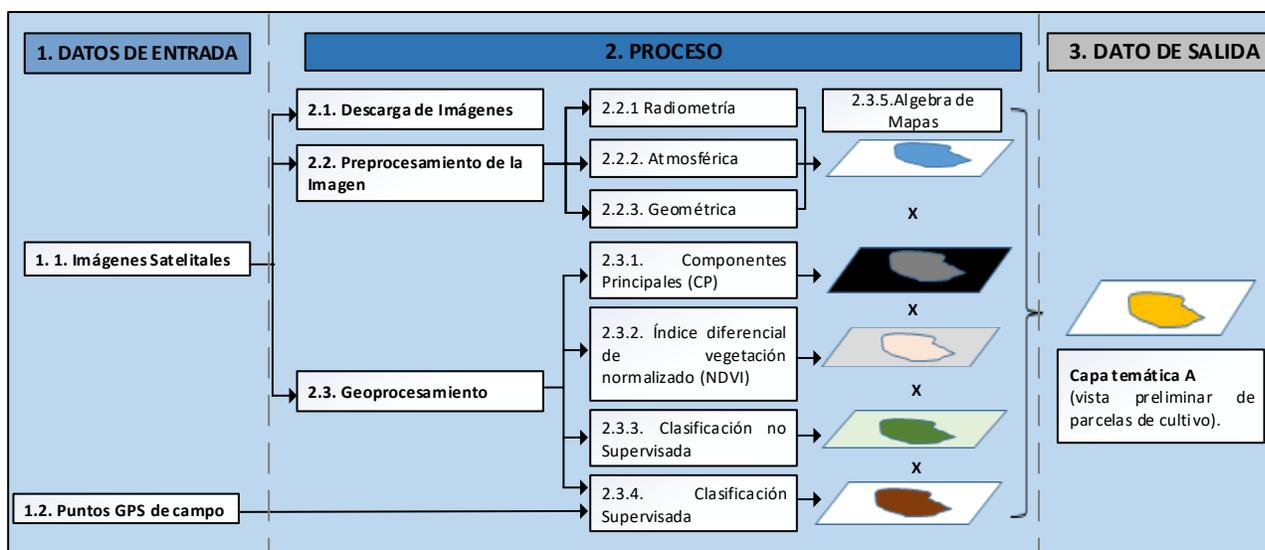
A continuación, se describirá la metodología de trabajo para explicar cómo obtener cada variable y el análisis final de álgebra de mapas que permitirá relacionar todas las capas temáticas para obtener la capa temática final de estimación de superficie de cultivo.

#### 4.1. Variable Uno

##### Procesamiento de Imágenes Satelitales

Este proceso permitirá obtener una capa temática preliminar de identificación de la superficie de cultivo, para ello se combina el procesamiento de imágenes satelitales y el trabajo de campo de puntos GPS; con ambos datos de entrada se pretende generar diferentes tipos de análisis con el objeto de generar una capa temática preliminar de identificación de superficies de cultivo, a continuación, el flujograma de este proceso:

**Cuadro 4. Flujograma de la variable de procesamiento de imágenes satelitales**



Fuente: Elaboración propia.

La descripción de cada proceso es la siguiente:

#### - DATOS DE ENTRADA

##### 1.1. Imagen satelital

La descarga de imágenes satelitales se debe realizar de la zona de estudio tomando en cuenta que el tiempo de toma de la imagen coincida con el tiempo de monitoreo realizado en campo; para que exista coherencia temporal. Existe una gran variedad de imágenes para este tipo de análisis, en (Anexo N°2) se cuenta con un cuadro que muestra las características de cada imagen satelital. Por otro lado, la forma de descarga y obtención de la imagen varía y está en función al tipo de satélite con el que se pretende trabajar.

##### 1.2. Puntos GPS en campo

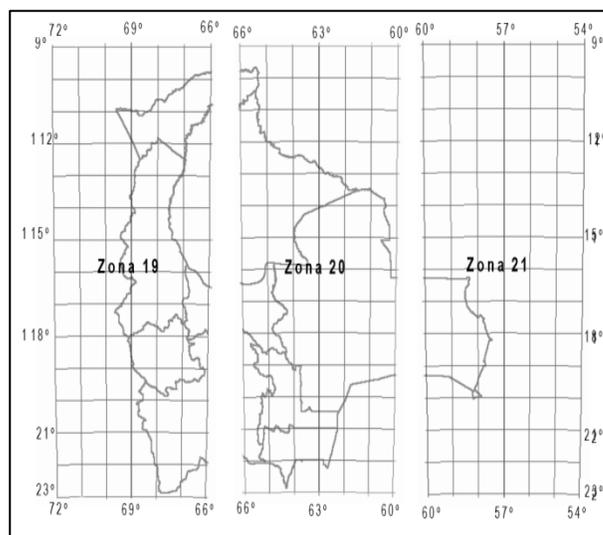
Para el levantamiento de información en campo la OAP cuenta con técnicos que hacen el recorrido en campo y utilizan el Formulario GPS de Levantamiento de Información (Anexo N°3). El cual está diseñado para brindar información de los cultivos priorizados observados en los monitoreo.

## PROCESO

### 2.1. Descarga de Imágenes

Independientemente si el acceso a las imágenes satelitales sea gratuito o a través de una compra de algún ente distribuidor, se debe tomar en cuenta el sistema de coordenadas. Según la proyección geográfica; Universal Transversal de Mercator (UTM), la más utilizada en el país. Bolivia se encuentra en las zonas 19, 20 y 21. Como se visibiliza en el gráfico.

Figura N°1. Zonas de Bolivia



Fuente: Flores, H. 2015

### 2.2. Pre procesamiento de la Imagen

El preprocesamiento consiste en actividades destinadas a preparar la imagen satelital para los análisis posteriores. Usualmente durante el preprocesamiento se procura corregir o compensar errores sistemáticos que se hubieran detectado en los datos digitales. Otros autores especifican que el preprocesamiento es la acción de corregir las distorsiones radiométricas y geométricas de la imagen y la eliminación del ruido.

#### 2.2.1. Radiometría

Cuando se trabaja con más de una imagen satelital de una misma zona, debería tener las mismas características de valores en cuanto a la intensidad, pero en la práctica eso no es así siempre existe una variación debido a las condiciones atmosféricas y la iluminación. Para evitar esta variación y uniformizar las imágenes se realiza la corrección radiométrica. Existen dos formas de realizar este proceso: la corrección radiométrica absoluta el cual utiliza un modelo analítico y la corrección mediante una transformación de niveles basada en el histograma (corrección radiométrica relativa). Solo se utiliza la segunda alternativa ya que para la primera la información de análisis es desconocida relativos a la orbital del satélite entre otros (Chuvieco, 1990).

Por tanto, se utiliza la transformación de niveles basado en el histograma denominado “especificación de histograma”, consiste en modificar el nivel de intensidad de un pixel de la imagen a corregir mediante una transformación tal que el histograma de la imagen resultante presente un histograma similar al de la imagen de referencia. (Ambrosio, G. et al. s.f).

#### 2.2.2. Atmosférica

La corrección atmosférica sirve para intentar eliminar el efecto de la dispersión de la radiación electromagnética originada por parte de los gases y partículas en suspensión de la atmósfera para que las variaciones sean independientes de las condiciones atmosféricas (Chuvieco, 1990).

### 2.2.3. Geométrica

Es el proceso mediante el cual la geometría de la imagen se hace planimétrica en este caso se vio conveniente trabajar con la proyección Universal Transversal de Mercator UTM. Trabajando con las zonas 19,20 y 21 respectivamente.

### 2.3. Geo procesamiento

Una vez corregidas las imágenes de trabajo se empieza con los análisis de geoprocesamiento a continuación se desarrolla cada una de ellas:

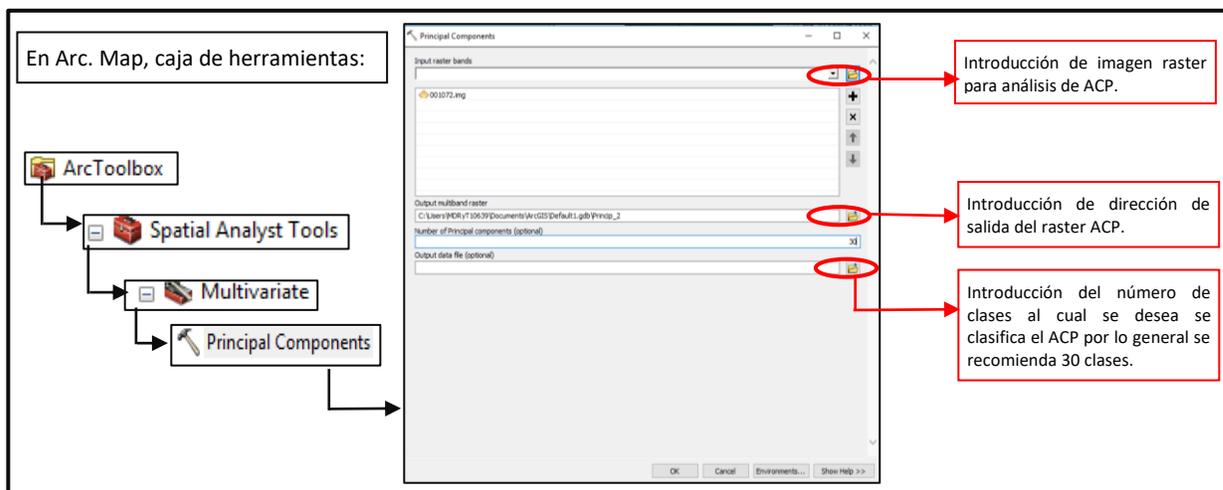
#### 2.3.1. Análisis de Componentes Principales (ACP)

Permite eliminar el “ruido”, la redundancia de información, facilita la interpretación conceptual de las imágenes resultantes (Donker & Muller, 1976).

Esta técnica estadística sintetiza un grupo amplio de variables en un conjunto más pequeño de datos sin perder una parte significativa de la información original, además incrementa la eficiencia porque reduce la dimensionalidad de los datos, otra característica es el de facilitar una primera interpretación de la imagen permitiendo identificar rasgos que aparecen en la mayoría de las bandas y los que son específicas de algún grupo de ellas (Guerrero, 2010).

Para el cálculo del componente principal en Arc.Gis 10.3. Se direccionó la imagen raster de interés de la siguiente forma:

**Cuadro 5. Proceso de Componente Principales**



Fuente: Elaboración propia.

#### 2.3.2. Índice diferencial de vegetación normalizado (NDVI)

Se define como el parámetro calculado a partir de los valores de reflectancia a distintas longitudes de onda y es particularmente sensible a la cubierta vegetal (Gilbert M.A. *et al*, 1997). El utilizar este índice tiene su fundamento en el particular comportamiento radiométrico de la vegetación. Una cubierta vegetal en buen estado de salud, tiene una firma espectral que se caracteriza por el contraste entre la banda del rojo (entre 0,6 y 0,7  $\mu\text{m}$ ), la cual es absorbida en gran parte por las hojas, y el infrarrojo cercano (entre 0,7 y 1,1  $\mu\text{m}$ .), que es reflejada en su mayoría. Esta cualidad de la vegetación permite la realización de su valoración cualitativa.

El Índice de Vegetación Diferencial Normalizado se calcula mediante la siguiente expresión:

$$NDVI = \frac{IRC - R}{IRC + R}$$

Dónde: IRC es la reflectividad en el infrarrojo cercano y R es la reflectividad en el rojo.

El rango de valores de las reflexiones espectrales se encuentra entre el 0 y el 1; ya que, tanto la reflectividad del infrarrojo cercano como la del rojo, son cocientes de la radiación reflejada sobre la radiación entrante en cada banda espectral. Por consecuencia de estos rangos de valores, el NDVI varía su valor entre -1 y 1. El NDVI posee un gran valor en términos ecológicos, ya que es un buen estimador de la fracción de la radiación fotosintéticamente activa interceptada por la vegetación (fPAR) según Monteith (1981).

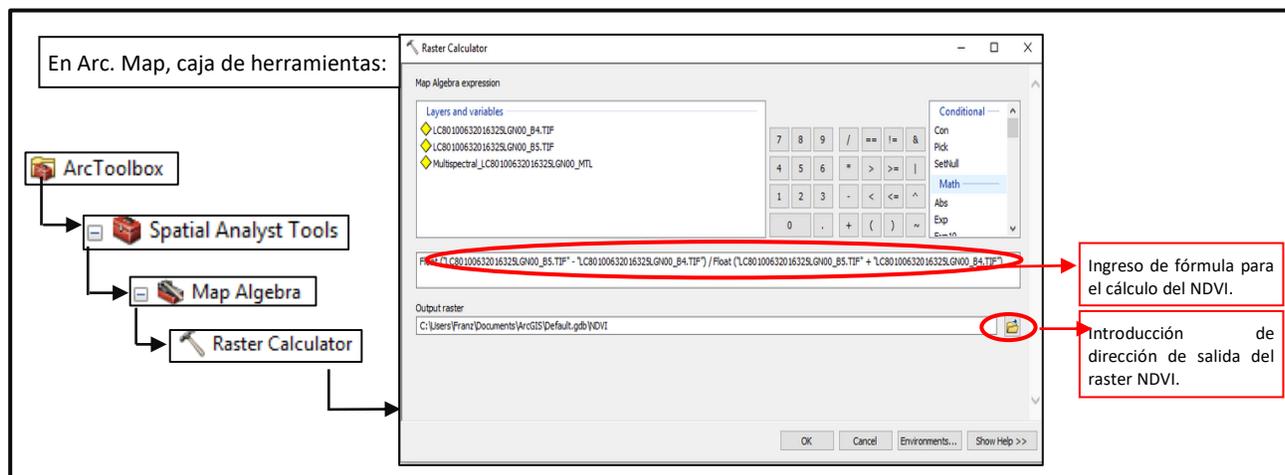
En las imágenes Landsat 8, la banda 4 (0.630 – 0.680  $\mu\text{m}$ ) corresponde al rojo (R) y la banda 5 (0.845 – 0.885  $\mu\text{m}$ ) al infrarrojo (IRC), por lo tanto, para el cálculo NDVI se requiere contar con ambas bandas

Para el cálculo del NDVI trabajando con imágenes Landsat 8, se aplica la siguiente ecuación:

$$NDVI = \text{Float} \left( \frac{\text{banda 5} - \text{banda 4}}{\text{banda 5} + \text{banda 4}} \right)$$

Aplicando la ecuación en un entorno SIG, se tiene el siguiente cuadro:

**Cuadro 6. Proceso de Índice diferencial de vegetación normalizado**



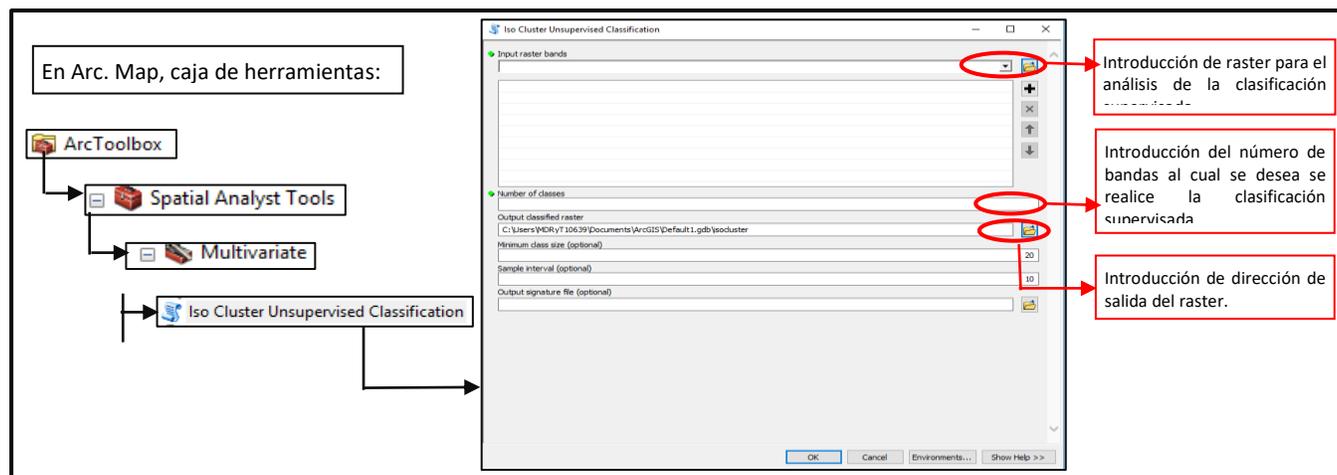
Fuente: Elaboración propia.

El resultado es una imagen ráster que contiene valores que van desde -1 a 1 (siendo los valores más cercanos a 1 la vegetación más vigorosa).

### 2.3.4 Clasificación no supervisada

Este tipo de clasificación no determina ninguna prioridad para obtener las clases, es decir lo realiza en base a probabilidades, el resultado es un raster reclasificado, donde no interviene el analista. El análisis en un entorno SIG se muestra a continuación el proceso:

**Cuadro 7. Proceso de Clasificación no Supervisada**

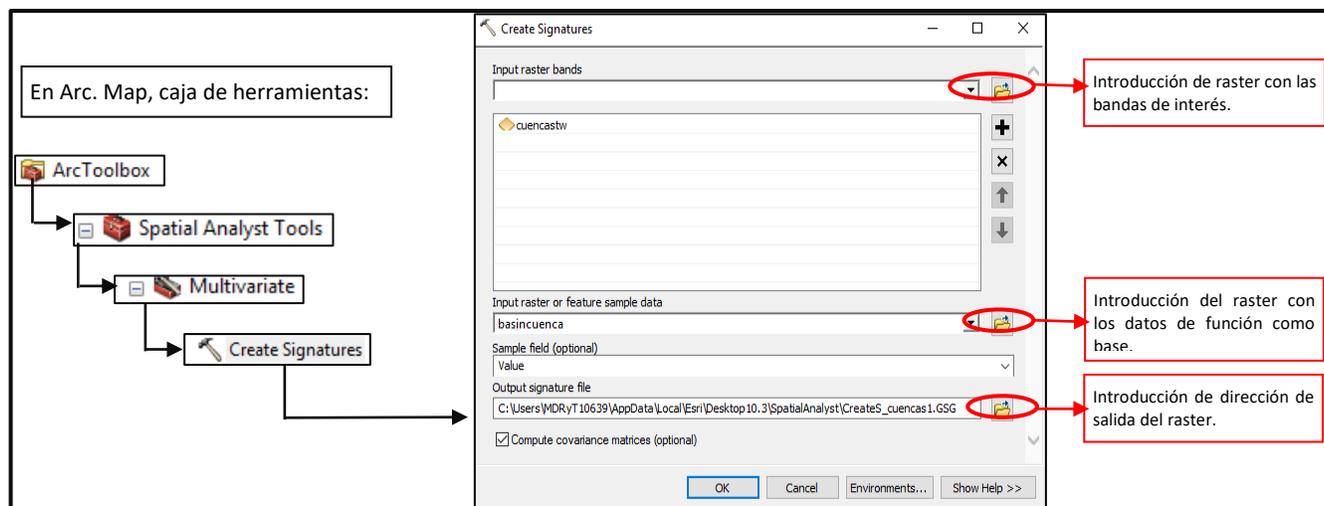


Fuente: Elaboración propia.

### 2.3.3. Clasificación Supervisada

Este tipo de clasificación utiliza trabajo en gabinete y campo, trata de clasificar un patrón nuevo en la clase correcta, habiendo inicialmente diseñado un clasificador a partir de la información proveniente de un conjunto de entrenamiento, en el que en particular los ejemplares están etiquetados con la clase a la que pertenecen (Ortiz, R. 2010). En Arc Map el proceso es el siguiente:

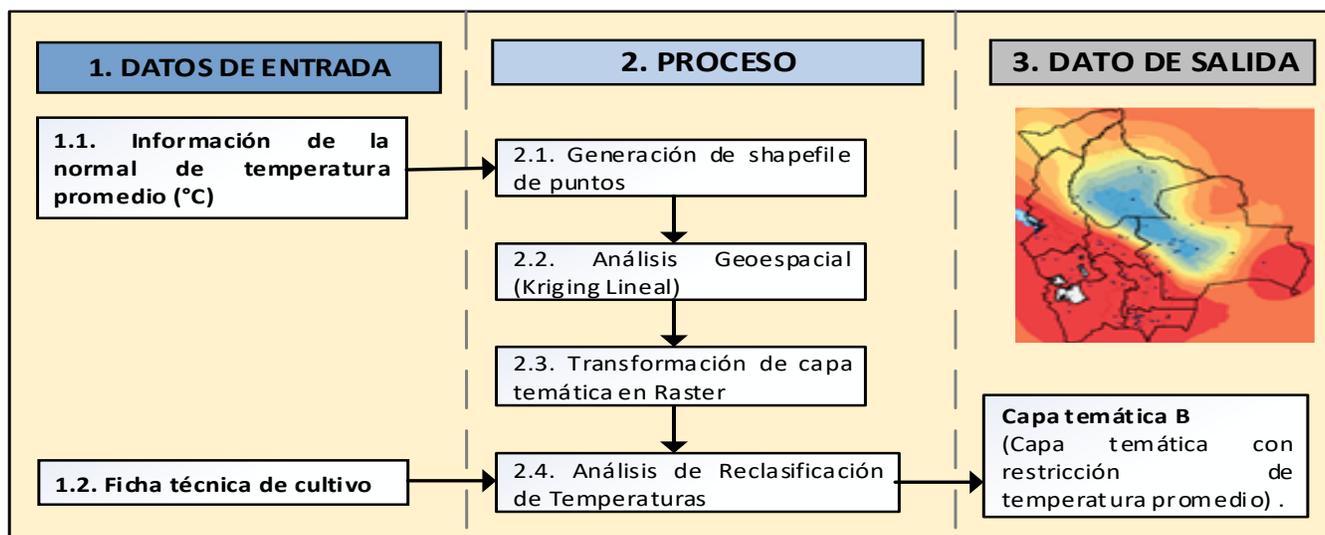
**Cuadro 8. Proceso de Clasificación Supervisada**



Fuente: Elaboración propia



**Cuadro 11. Flujograma de la variable de temperatura**



Fuente: Elaboración OAP.

La descripción de cada proceso es el siguiente:

## DATOS DE ENTRADA

### 1.1. Información de la normal de temperatura promedio °C

Esta información es la base para realizar el análisis, la institución que brinda esta información es el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del país (SENAMHI), el cual a través de sus estaciones meteorológicas y a lo largo del tiempo ha generado normales de temperatura para el país.

La información requerida para el proceso son las normales de temperatura promedio de todas las estaciones meteorológicas que se encuentran dentro y alrededor de la zona de estudio para la generación de las isothermas correspondientes, esta información debe contener las coordenadas geográficas de las estaciones meteorológicas para la ubicación de los datos espaciales que se desean representar.

Importante mencionar que las variables de tiempo como este caso la temperatura promedio, está ligado a fenómenos de cambio climático globales, por lo que el modelo es dinámico y debe ser actualizado anualmente.

### 1.2. Ficha técnica del cultivo

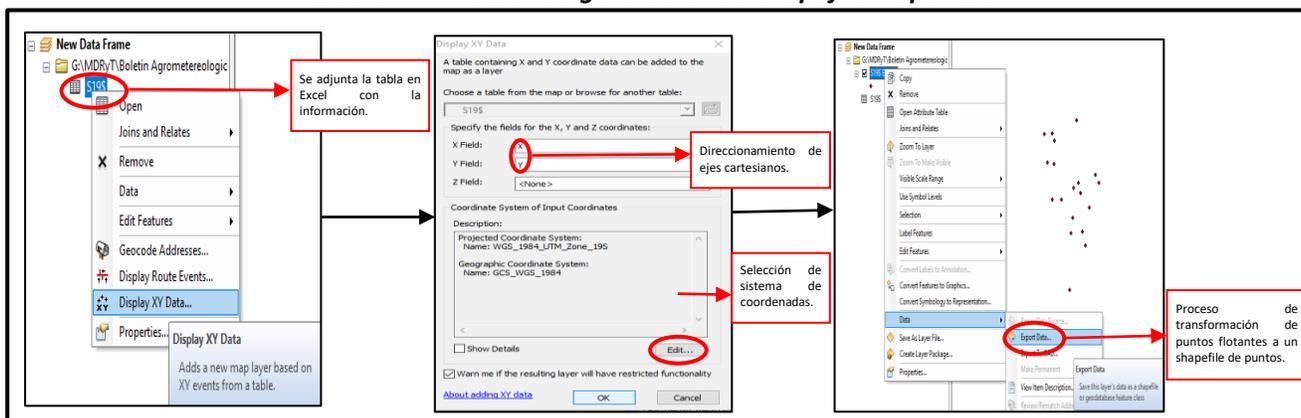
Se generó las fichas técnicas para los cultivos priorizados (Anexo N°1), el cual permite identificar los rangos de temperatura aptos para el desarrollo del cultivo.

## PROCESO

### 2.1. Generación de shapefile de puntos

La información que brinda el SENAMHI es en formato Excel por estación meteorológica de las que tenga en funcionamiento, por lo que se debe generar el shapefile para tener la distribución espacial de la información, este proceso se realiza en Arc.Map de la siguiente forma:

**Cuadro 12. Proceso de generación de shapefile de puntos.**



Fuente: Elaboración OAP.

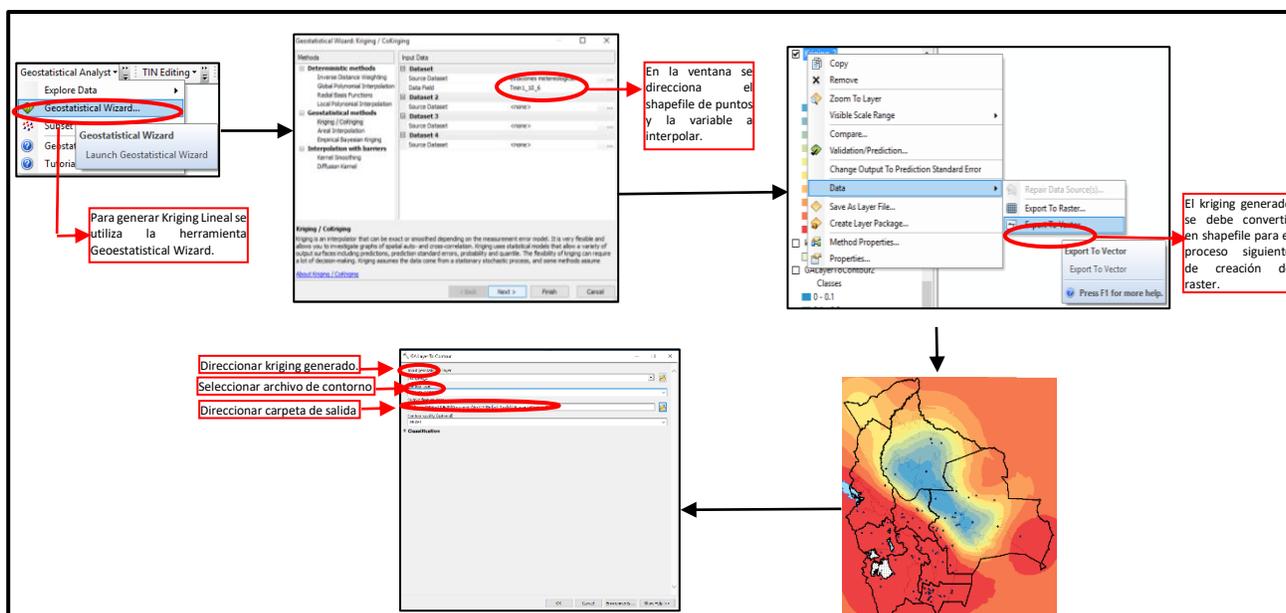
## 2.2. Análisis geoespacial (Kriging Lineal)

En la representación espacial de variables climáticas tales como precipitación y temperatura, importantes en la delimitación de usos agrícolas se hace necesario el uso de métodos geoestadísticos “procesos de interpolación” de las variables requeridas (Márquez J.L, *et.al.* 2001).

Este análisis geoespacial se refiere a la aplicación de un método de interpolación, que permite generar una predicción espacial de alguna variable de interés, uno de los interpoladores más utilizados para este tipo de estudio es el kriging lineal el cual permite estimar intervalos de confianza para dicha predicción, además de que el kriging es el mejor método de estimación lineal insesgado (Bohórquez, s.f.).

Según Colmenar (2000 citado por Gallego 2002), dentro de la formulación matemática de Kriging lineal se incluyen dos restricciones básicas, en las que se limita la suma de los errores de estimación a ser cero y el cuadrado de las desviaciones a ser mínimo. La restricción establecida sobre la varianza de estimación, hace que ‘Kriging’ sea el mejor estimador lineal, este proceso se realiza en ArcMap de la siguiente forma:

**Cuadro 13. Proceso de Análisis geoespacial (kriging lineal)**

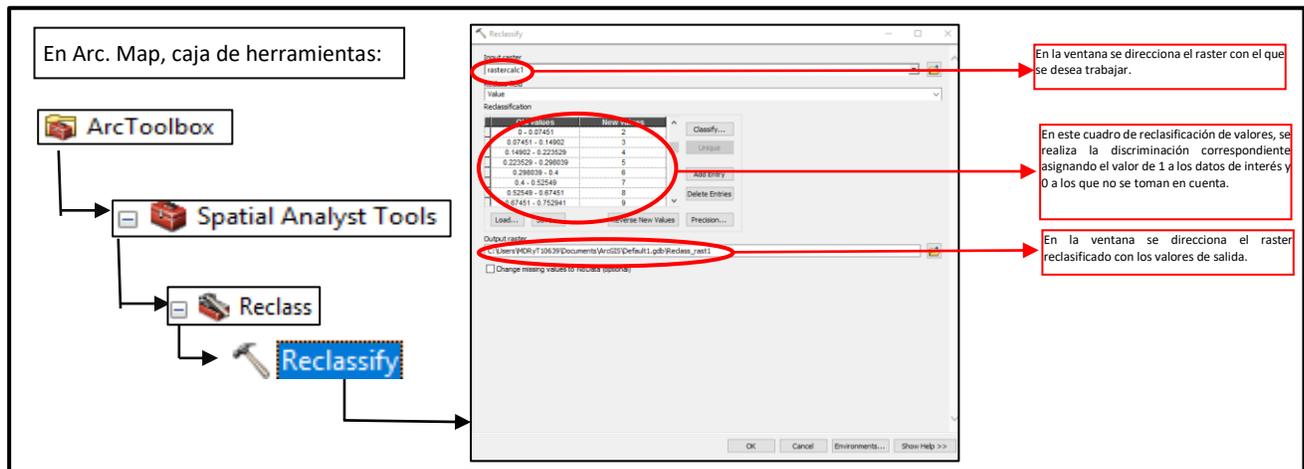


Fuente: Elaboración propia

### 2.3. Análisis de reclasificación de temperaturas

Este análisis se refiere a tomar los datos obtenidos en el anterior proceso y con ayuda de la ficha técnica del cultivo en estudio, discriminar y seleccionar solamente los rangos de temperatura donde desarrollaría el cultivo, el proceso en Arc.Map para obtener tal resultado es el siguiente:

**Cuadro 14. Proceso de Análisis de reclasificación de temperaturas.**



Fuente: Elaboración propia

### DATOS DE SALIDA

La capa temática B, muestra información del cultivo con relación a la restricción térmica de desarrollo del cultivo en estudio.

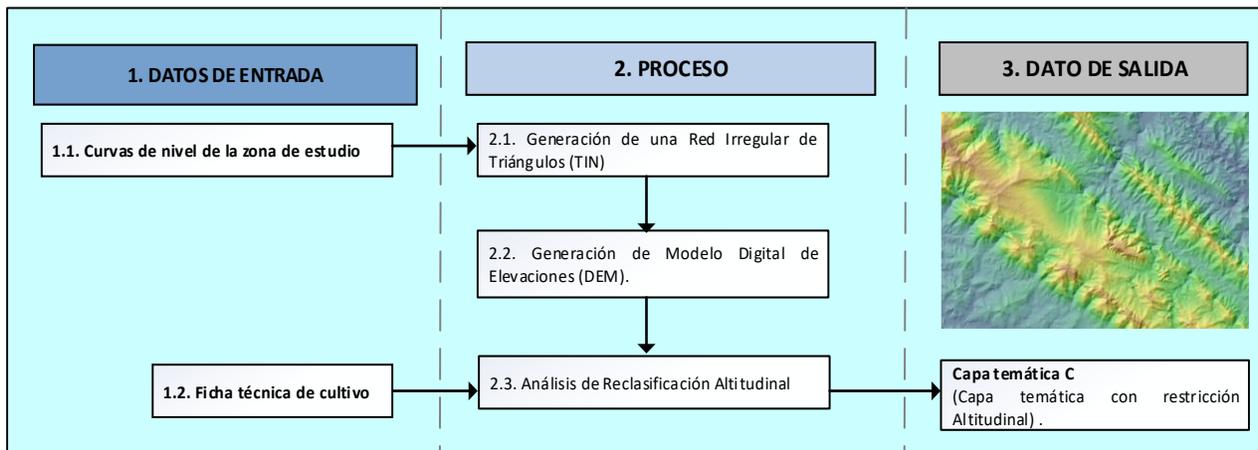
### 4.3. Variable Tres

#### Altitud

La altitud, establece condiciones óptimas y marginales para la distribución y crecimiento de las plantas; dependiendo la especie la altitud puede generar condiciones estresantes, marcando límites para su desarrollo (Körner & Paulsen 2004, Smith et al. 2009, Anthelme & Dangles 2012; citado por Romay A. et al. 2015). Por otro lado, los componentes bióticos y abióticos del micrositio alrededor de las plántulas arbóreas pueden aminorar o incrementar el estrés ambiental del entorno, influyendo de manera importante en la sobrevivencia o crecimiento de las plántulas. Por ejemplo, un micrositio seguro puede conducir a las especies vegetales hacia lugares más estresantes ambientalmente, porque pueden reducir el estrés ambiental o suministrar más recursos, también es importante tomar en cuenta la competencia de nutrientes que existiría con especies arbóreas con mayor capacidad de adaptación (Fowler 1988, Körner & Paulsen 2004; citado por Romay A. et al. 2015).

El objetivo de este proceso es discriminar las zonas que altitudinalmente no serían aptas para el desarrollo del cultivo Según la FAO (s.f). La altitud (altura sobre el nivel del mar) influye sobre la presión atmosférica y la temperatura en general en regiones con mayor altitud disminuye la presión y la temperatura. Para la discriminación de esta variable se utilizarán fichas técnicas de cultivo que tendrán rangos de altitud para el desarrollo del cultivo en estudio, el proceso es el siguiente:

**Cuadro 15** Flujograma de la variable de Altitud



Fuente: Elaboración propia

La descripción de cada proceso es el siguiente:

### DATOS DE ENTRADA

#### 1.1. Curvas de nivel de la zona de estudio

Esta información es la base para realizar el análisis, el ente oficial que brinda esta variable es el IGM a través de cartas topográficas y curvas de nivel en formato digital. Para trabajar este proceso se requiere un shapefile de líneas con información altitudinal de la zona de estudio.

#### 1.2. Ficha técnica del cultivo. –

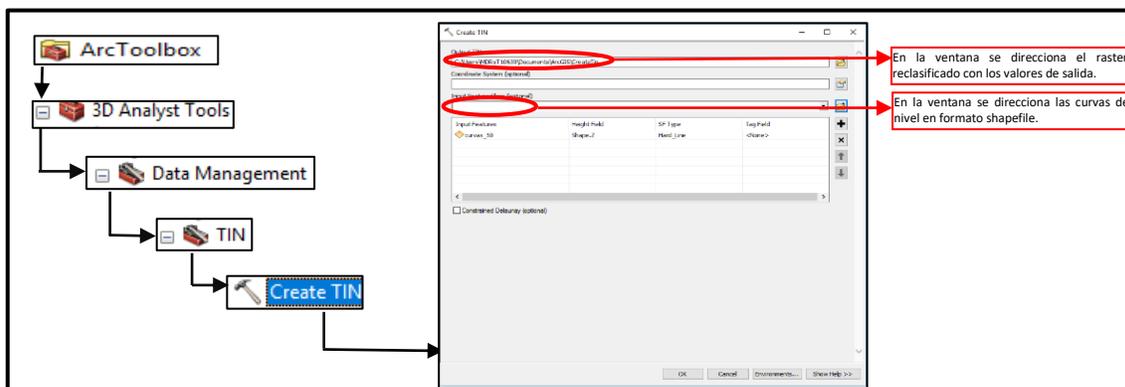
En la ficha técnica (Anexo N°1), se identifica los rangos altitudinales para el desarrollo del cultivo.

### PROCESO

#### 2.1. Generación de una Red Irregular de Triángulos (TIN)

Como se indica en el nombre es una Red de triángulos irregulares, este proceso sirve para modelar el relieve y es el proceso más utilizado para la generación de altitudes en el terreno (Pérez, L. 2012). Este análisis se realiza en Arc.Map y el proceso es el siguiente:

**Cuadro 16.** Proceso de generación de TIN

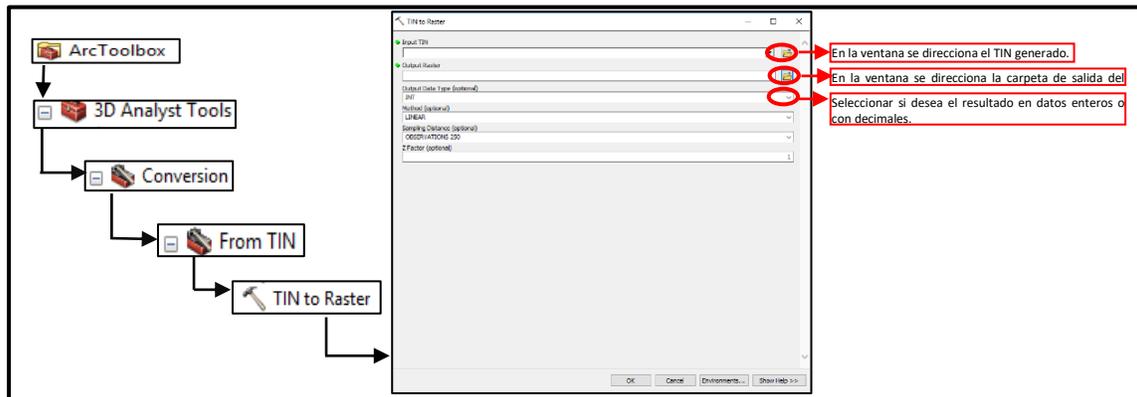


Fuente: Elaboración propia

## 2.2. Generación del Modelo Digital de Elevaciones (DEM)

Un Modelo Digital de Elevaciones se define como una estructura numérica que representa la distribución espacial de la altitud de la superficie del terreno, existen diversos softwares para realizar el presente análisis, pero a continuación se muestra el proceso a realizarse en ArcMap.

**Cuadro 17. Proceso de generación del DEM**

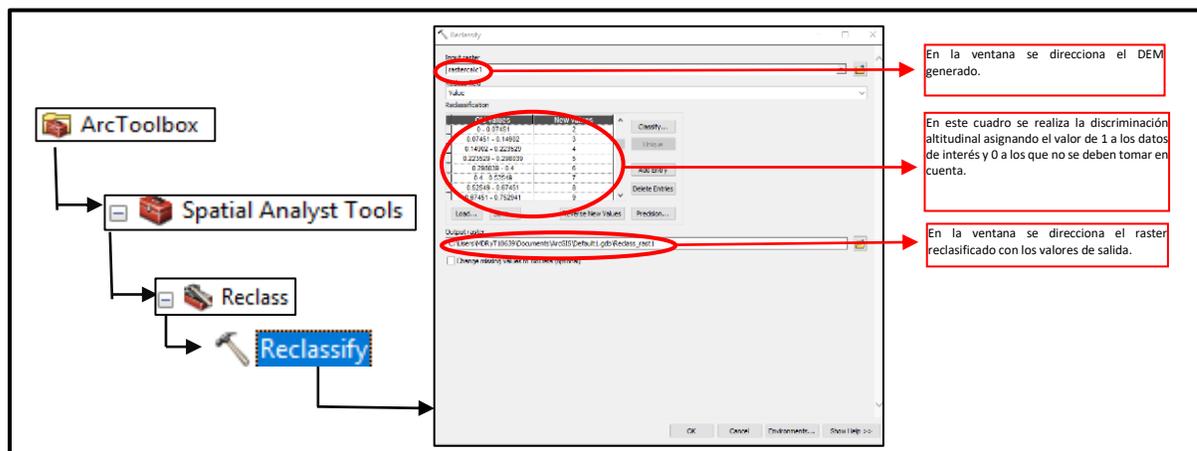


Fuente: Elaboración propia

## 2.3. Análisis de reclasificación altitudinal

Este análisis se refiere a tomar los datos obtenidos en el anterior proceso y con ayuda de la ficha técnica del cultivo, discriminar y seleccionar solamente los rangos altitudinales donde se desarrolla el cultivo, el proceso en Arc.Map es el siguiente:

**Cuadro 18. Proceso de Análisis de reclasificación altitudinal**



Fuente: Elaboración propia

### DATOS DE SALIDA

La capa temática C, muestra información de la superficie del cultivo con relación a la restricción altitudinal, por otro lado, mencionar que el valor ponderado para cada rango de altitud es de 1 para lograr realizar el álgebra de mapas.

## 4.4. Variable Cuatro

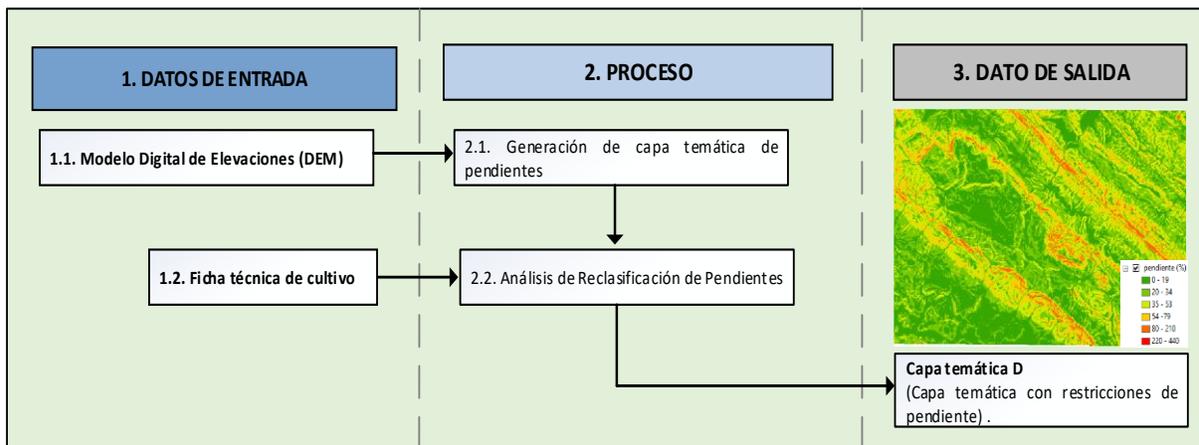
### Pendiente

Es importante analizar esta variable de pendiente ya que está relacionado con el efecto de la erosión hídrica. Entre los principales factores que afectan la erosión por el agua está la topografía (Quiñones, 1994: 13). Por este

motivo y además porque las condiciones de trabajo se dificultan en zonas de ladera es porque en pendiente fuertes no se siembran cultivos, por ello existe rango de pendiente para la siembra según el tipo de cultivo.

Para la discriminación de esta variable se utilizarán fichas técnicas de cultivo que tendrán rangos de pendiente, el proceso para la discriminación de esta variable es la siguiente:

**Cuadro 19. Flujograma de la variable de Pendiente**



Fuente: Elaboración propia

La descripción de cada proceso es el siguiente:

**DATOS DE ENTRADA**

**1.1. Modelo Digital de Elevaciones (DEM)**

Esta información se obtiene del proceso anterior del análisis de la variable altitudinal.

**1.2. Ficha Técnica de cultivo**

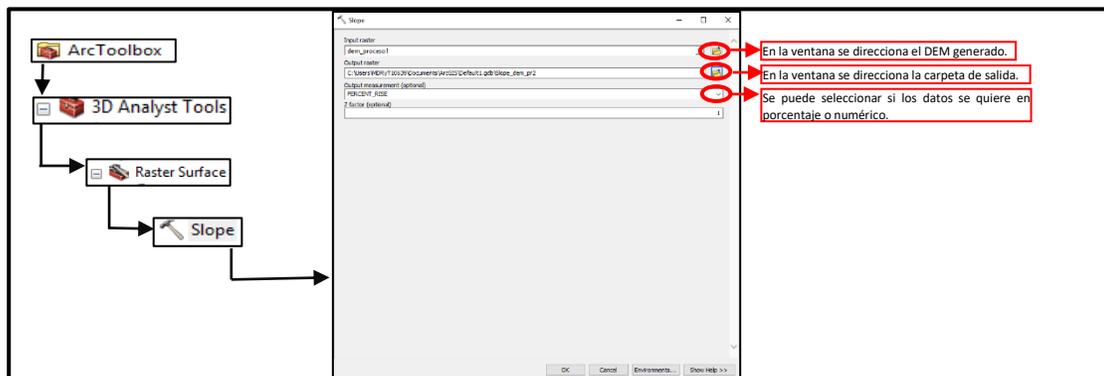
En la ficha técnica (Anexo N°1), se identifica los rangos de pendiente para la producción de los cultivos priorizados.

**PROCESO**

**2.1. Generación de capa temática de pendiente**

Existen diversos softwares para generar las pendientes de la zona de estudio en este caso se utiliza Arc.Map el proceso es el siguiente:

**Cuadro 20. Proceso de generación de capa temática de pendientes.**

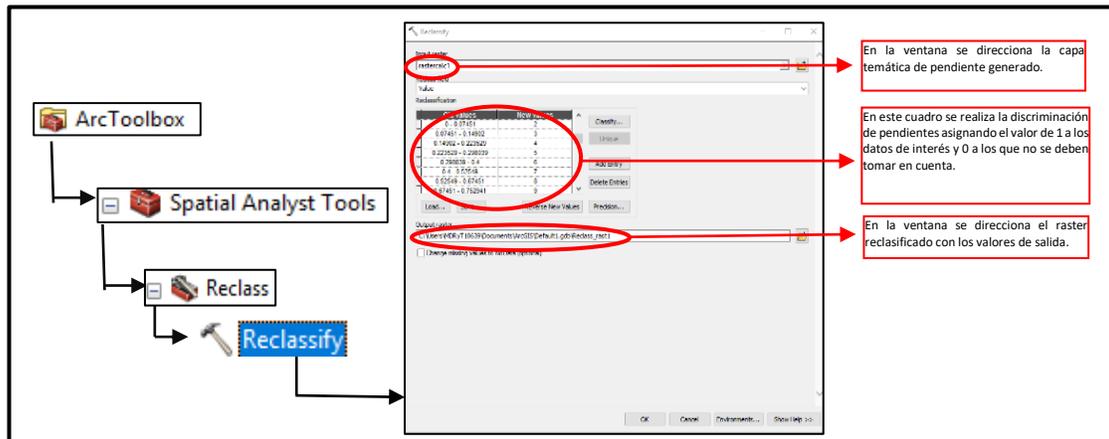


Fuente: Elaboración propia

### 2.3. Análisis de reclasificación de pendientes

Este análisis se refiere a tomar los datos obtenidos en el anterior proceso y con ayuda de la ficha técnica del cultivo, discriminar y seleccionar solamente los rangos de pendiente deseados, el proceso en Arc.Map es el siguiente:

**Cuadro 21. Proceso de Análisis de reclasificación de pendientes**



Fuente: Elaboración propia

### DATOS DE SALIDA

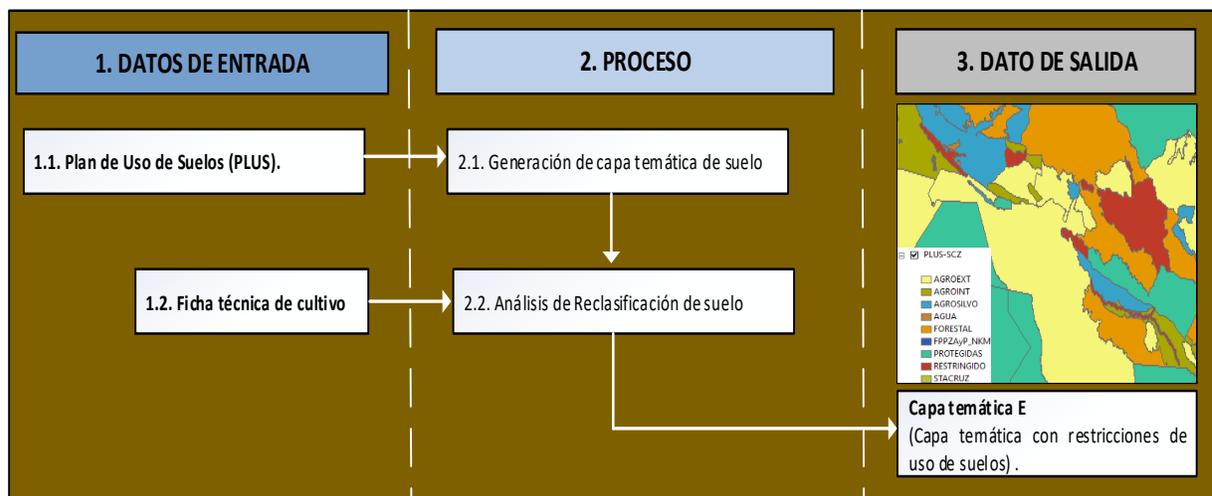
La capa temática C, será un raster de pendientes con ponderación de 1 a los rangos de pendiente.

### 4.5. Variable Cinco

#### Suelo

Existe una gran variedad de suelos los cuales tienen diferentes propiedades físicas, químicas y biológicas, los cultivos se adaptan a los suelos de acuerdo a las condiciones favorables que este presenta para el desarrollo de la planta, es así que cada cultivo absorbe del suelo distintos macro y micronutrientes, por ello es importante identificar el tipo de suelo de la zona de estudio para poder identificar el tipo de cultivos que se desarrollarían en tales perfiles edáficos. Con esta información se debe discriminar las zonas que serían aptas por el tipo de suelo para el desarrollo de un cultivo en específico el proceso sería el siguiente:

**Cuadro 22. Flujo de la variable de suelo.**



Fuente: Elaboración propia

La descripción de cada proceso es el siguiente:

## DATOS DE ENTRADA

### 1.1. Planes de Uso de Suelos (PLUS)

La entidad oficial de brindar la información de Plan de Uso de Suelos es el Viceministerio de Tierras, a nivel Departamental o a nivel Municipal los Gobiernos Autónomos Municipales que actualizan esta información para su planificación agrícola y pecuaria entre otros rubros.

### 1.2. Ficha Técnica de cultivo

En la ficha técnica (Anexo N°1), se identifica el tipo de suelo apto para el desarrollo de cultivos priorizados.

## PROCESO

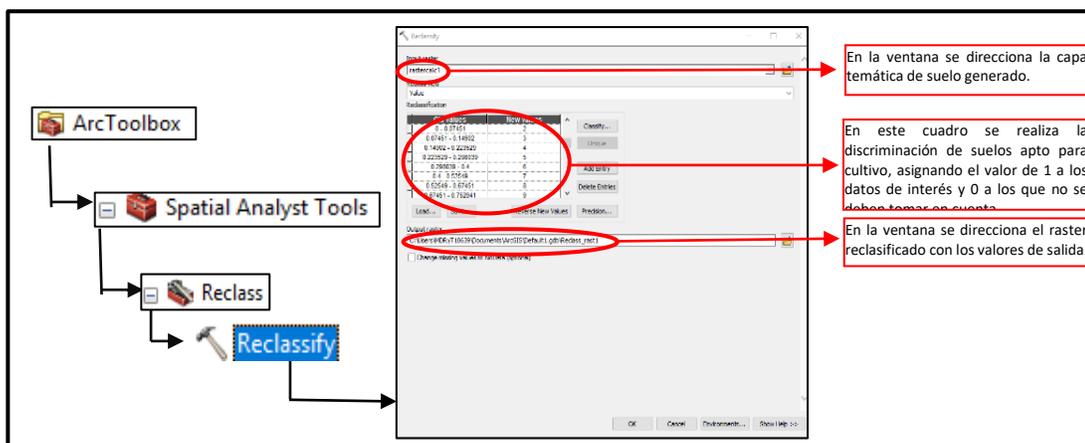
### 2.1. Generación de capa temática de suelo

La generación de la capa temática de suelos se refiere solamente a delimitar la zona donde se pretende analizar los cultivos ya que la información de entrada es a nivel Departamental o Municipal, esta información se debe ponderar asignando el valor de 1 a los suelos aptos para el cultivo y 0 las zonas que no son aptas.

### 2.2. Análisis de reclasificación del suelo

En este proceso se debe tomar los datos obtenidos en el anterior proceso y con ayuda de la ficha técnica del cultivo, discriminar y seleccionar solamente los suelos aptos para el desarrollo del cultivo, el proceso en Arc.Map es el siguiente:

**Cuadro 23. Proceso de Análisis de reclasificación de suelos.**



Fuente: Elaboración propia

## DATO DE SALIDA

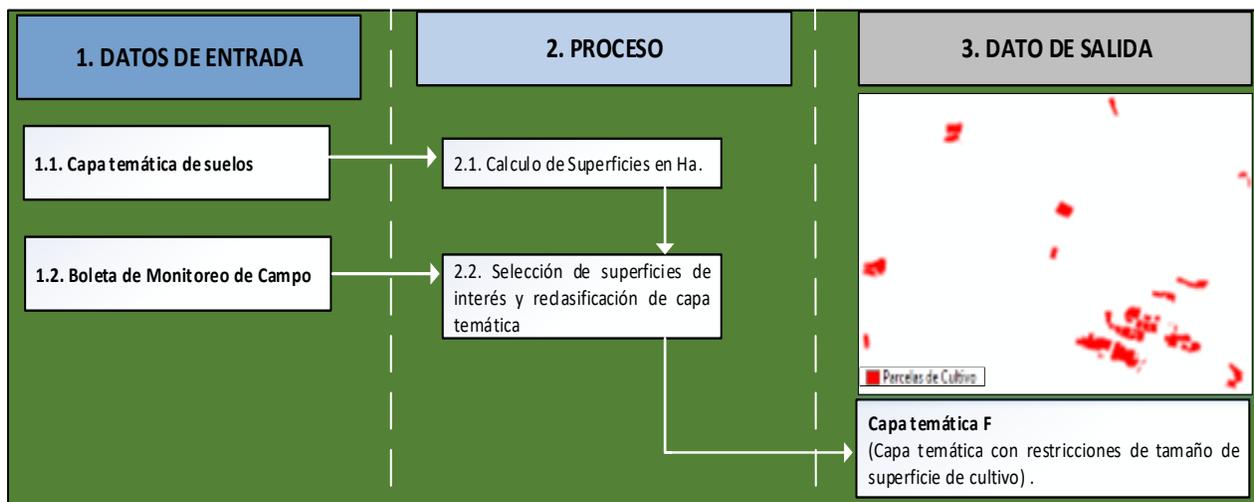
La capa temática E, será un raster de suelos clasificado donde se visibilizará lugares aptos para el desarrollo del cultivo.

### 4.6. Variable seis

#### Tamaño de Parcela

Esta variable discrimina las superficies de terreno mínimas o sobre estimadas que podrían haberse generado en todo el proceso de Geoprocesamiento. Para ello es muy importante el monitoreo de campo y la pregunta que realizan a cada productor referente al tamaño de la superficie de terreno del cultivo, esta información permite discriminar esa variación que podría darse en datos mínimos y máximos de estimación de superficie de terreno; el proceso sería el siguiente:

**Cuadro 24. Flujograma de la variable de tamaño de parcela**



Fuente: Elaboración propia

La descripción de cada proceso es el siguiente:

**DATOS DE ENTRADA**

**1.1. Capa temática de suelos**

Es la capa temática generada en el anterior proceso el cual se encuentra en formato raster.

**1.2. Boleta de Monitoreo de Campo**

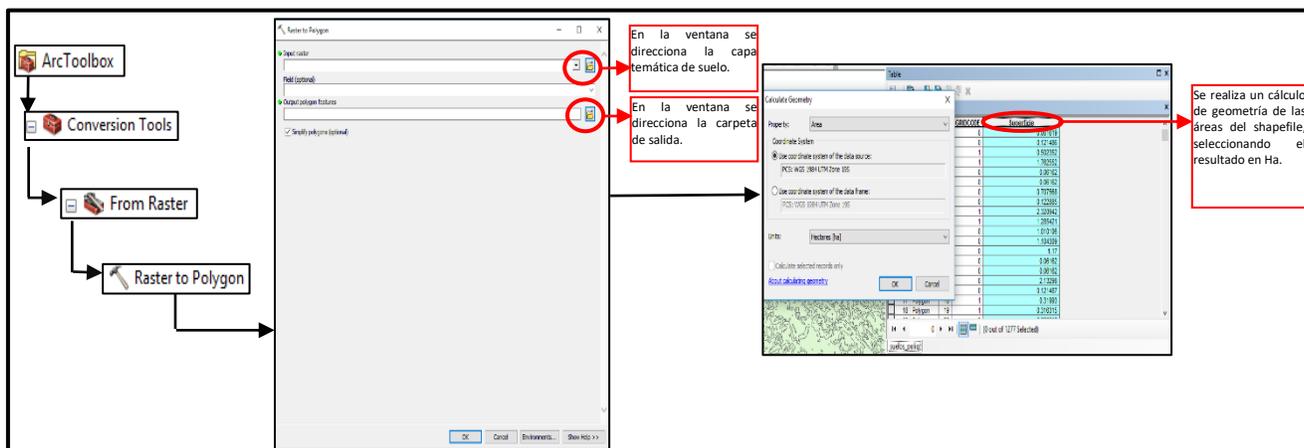
La boleta de monitoreo de campo es el instrumento principal para discriminar esta variable, ya que una de las preguntas que realizan a los agricultores es el tamaño de su extensión de cultivo en hectáreas, esta variable es la que se utiliza en este análisis.

**PROCESO**

**2.1. Cálculo de superficie en Ha**

Este proceso se realiza de la siguiente forma:

**Cuadro 25. Proceso de Análisis de reclasificación**



Fuente: Elaboración propia

### 2.4. Selección de superficie de interés y reclasificación de la capa temática

Este proceso se refiere a discriminar la superficie deseada y posteriormente ponderar a las superficies en una columna a parte del valor de 1 esto con el objetivo de una vez transformada la capa temática en raster cada pixel tenga el valor de 1 y pueda realizarse el análisis de algebra de mapas con los otros procesos realizados.

**Cuadro 26. Proceso de Análisis de reclasificación.**

**Annotations:**

- Se realiza una exportación de un shapefile para tener un documento con solo superficies estimadas.
- En la selección de atributos se pone el criterio de clasificación por el tamaño.
- En la ventana se direcciona el raster de interés.
- Se direcciona la columna de interés de cálculo.
- Se direcciona la carpeta de salida.
- En la ventana se direcciona el raster de interés.
- En este cuadro se realiza la discriminación de superficies de suelo asignando el valor de 1 a los datos de interés y 0 a los que no se deben tomar en cuenta.

Fuente: Elaboración propia

### DATOS DE SALIDA

La capa temática F, será un raster de suelos con las superficies de cultivos discriminadas.

### 8. Imagen final del cultivo

La capa temática final de superficie de cultivo se genera con la multiplicación de todas las variables generadas en los anteriores procesos, el proceso sería el siguiente:

**Cuadro 27. Proceso de Análisis de reclasificación.**

**1. DATOS DE ENTRADA**

- A. Capa Temática de Procesamiento imágenes.
- B. Capa Temática de Temperatura.
- C. Capa Temática C. Altitud.
- D. Capa Temática D. Pendiente.
- E. Capa Temática E. Suelo.
- F. Capa Temática F. Restricción tamaño de la parcela.

**2. PROCESO**

2.1. Aplicación de algebra de mapas

**Raster Calculator Map Algebra expression:**  
 $\text{Proc\_imagenes} * \text{temperatura} * \text{altitud} * \text{pendiente} * \text{suelo} * \text{tamaño\_parcela}$

**3. DATO DE SALIDA**

**Capa temática Final**  
 Raster con las superficies de cultivo identificadas de las cuales se puede obtener las superficies en Ha.

Fuente: Elaboración propia

El proceso anterior fue desarrollado en Arc.Map con herramientas de ArcToolBox; el resultado final es la identificación de superficies de cultivo tomando en cuenta todas las variables descritas, este proceso brinda información más confiable y con menor probabilidad de sobreestimación de extensiones de superficie.

## V. CONCLUSIONES

- Se generó la guía de metodología multicriterio para la estimación de superficies de cultivo con bases técnicas respaldadas en cada proceso, con el objeto de contar con una herramienta coherente y técnicamente fundamentada.
- La metodología multicriterio permite la incorporación de nuevas variables de análisis para tener mayor exactitud en el cálculo de superficie de cultivo. Por tanto, es una metodología flexible que se amolda al tipo de información de entrada que se tenga para el inicio de los procesos de cálculo.
- El presente manual incluye “fichas técnicas de cultivo”, para el análisis de variables de entrada, instrumento útil que en la medida que se vaya detallando la información ya sea por región, tipo de pisos ecológicos, entre otros, el cálculo será más exacto.
- Con este manual la OAP cuenta con un respaldo técnico de la información que se vaya a generar de estimación de superficies de cultivo en un entorno SIG.
- La guía metodología multicriterio será un instrumento importante para los técnicos SIG de la OAP porque permitirá: visibilizar los procesos de análisis, las variables de trabajo, uniformizar el trabajo, efectivizar el tiempo y garantizar la calidad del producto final.

## VI. RECOMENDACIONES

- En caso de aprobación de la metodología por inmediatos superiores. Se recomienda la unidad de informática y soporte tecnológico socialice a funcionarios de la OAP que trabajan en el monitoreo de cultivos la guía metodológica; con la finalidad de mostrar la importancia de las variables que se levantan en campo y lograr sinergias que mejoren el trabajo de forma integral, por otro lado otros técnicos de la OAP del área agrícola validen las “fichas técnicas de cultivo” instrumento fundamental para la restricción de superficies de cultivos deseado o aporten mejoras en dicho instrumento.
- Con esta guía se visibiliza la importancia del trabajo de levantamiento de información en campo, información fundamental que coadyuva al logro del resultado final de estimación superficie de cultivo. Por ello es importante se considere la pertinencia de contar con procesos metodológicos de esta etapa: identificando: etapas, responsables y tiempos de ejecución del trabajo de campo y gabinete que permitan establecer procesos más eficientes.

## VII. BIBLIOGRAFIA

1. Ambrosio, G. Gonzales, J. Arévalo V. s.f. Documento: Corrección radiométrica y geométrica de imágenes para la detección de cambios en una serie temporal. Universidad de Málaga – España. Documento en línea. Link. <http://mapir.isa.uma.es/varevalo/drafts/ambrosio2002crg.pdf>
2. Barredo C., J. I. 1996. Sistema de información geográfica y evaluación multicriterio en la ordenación del territorio. Editorial Ra-Ma. Madrid, España. Link. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_nlinks&ref=7293999&pid=S0187-5779201000020000200002&lng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=7293999&pid=S0187-5779201000020000200002&lng=es)
3. Bohórquez, sf. Documento: Generalidades sobre el Kriging. Universidad Nacional de Colombia. Formato PDF. Link. <http://www.docentes.unal.edu.co/mpbohorquezc/docs/clase%20junio%2012%20kriging.pdf>
4. Donker H,W. Mulder N,J. 1976- Analys Isof MSS Digital Imagery With The Aid Of Principal Component Transform. ISP Commission VII.
5. Chuvieco, 1990. Documento: Fundamentos de Teledetección Espacial. Madrid –España. Documento en línea. Link. <http://files.especializacion-tig.webnode.com/200001110-8750e88486/FUNDAMENTOS-DE-TELEDETECCION-EMILIO-CHUVIECO.pdf>
6. FAO, s.f. Documento: Ecología y enseñanza rural. Dirección de Recursos Forestales. Documento en línea. Link. <http://www.fao.org/docrep/006/W1309S/w1309s09.htm#TopOfPage>
7. Flores, H. 2015. Documento: Proyecciones cartográficas de uso en Bolivia. Documento en línea. Link. <https://proyeccionescartograficasenbolivia.wordpress.com/2015/08/06/proyecciones-cartograficas-de-uso-en-bolivia/>
8. Gallego, A; 2002. Determinación de riesgos de erosión en la comarca olivarera de “Sierra Magina” mediante técnicas SIG y teledetección (en línea). Santander, ES. XIV Congreso Internacional de Ingeniería Grafica. Documento en línea. Link. <http://departamentos.unican.es/digteg/ingegraf/cd/ponencias/77.pdf>
9. Gilabert M.A, Gonzales-Piqueras J. García-Haro. 1997. Documento Acerca de los Índices de Vegetación. Universidad de Valencia, departamento de Termodinámica. Documento en Línea. Link. [http://www.aet.org.es/revistas/revista8/AET8\\_4.pdf](http://www.aet.org.es/revistas/revista8/AET8_4.pdf)
10. Guerrero José, 2010. Análisis de Componentes Principales en Teledetección: Autovalores y autovectores. Link. <https://joseguerreroa.wordpress.com/2010/10/11/analisis-de-componentes-principales-en-teledeteccion-autovalores-y-autovectores/>
11. Márquez J.L. Sanchez. J. Andressen R. 2001. Documento: Comparación De Varios Métodos Para La Representación Cartográfica De Información Climática En Zonas Altas Del Estado Lara. Formato PDF. Link. [http://www.ucla.edu.ve/bioagro/Rev13\(1\)/6.%20Comparaci%C3%B3n%20de%20varios.pdf](http://www.ucla.edu.ve/bioagro/Rev13(1)/6.%20Comparaci%C3%B3n%20de%20varios.pdf)
12. Montserrat G, 2008. Documento: Integración de técnicas de evaluación multicriterio y SIG. Universidad de Alcalá. España, Departamento de Geografía. Link. [https://portal.uah.es/portal/page/portal/GP\\_EPD/PG-MA-ASIG/PG-ASIG-200388/TAB42351/emc\\_08.pdf](https://portal.uah.es/portal/page/portal/GP_EPD/PG-MA-ASIG/PG-ASIG-200388/TAB42351/emc_08.pdf)
13. Monteith, J.L. 1981. Documento: Variación climática y crecimiento de cultivos. Revista Trimestral de la Real Sociedad Meteorológica 107:749-774.

14. Ortiz, A. 2010. Documento: Clasificación Supervisada. Universidad de las Illes Balears, Departamento de Ciencias Matemáticas e Informáticas. Documento en Línea. Link: <http://dmi.uib.es/aortiz/IEA10529/10529-tema2.pdf>
15. Pérez. L. 2012. Documento: Redes de Triángulos Irregulares (TIN). Documento en línea. Link. <http://inisig.com/redes-de-triangulos-irregulares-tin/>
16. Quiñones, JA. 1994. Manual práctico de manejo de suelos en ladera. Tegucigalpa, HN. s.e 16 p.
17. Romay A, Rojas G. Lovera P. 2015. Documento: Efecto de la altitud y el micrositio sobre plántulas reforestadas de *Polylepis lanata* (Rosaceae) en el noroeste de Cochabamba, Bolivia: implicaciones para su restauración ecológica. Documento en línea. Link. [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1605-25282015000100002](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1605-25282015000100002)

# ANEXOS

**Anexo 1. Descripción de las características de los cultivos para el análisis en imágenes satelitales.****CEBOLLA – *Allium sepa* L.**

**Altitud:** la producción es óptima en alturas mayores de los 900 msnm.

**Temperatura:** 13°C y 14°C con Máx. de 30°C y Mín. de 7°C.

**Brillo solar:** Días cortos 0 a 12 horas luz.

**Suelos:** Deben ser sueltos y ricos en materia orgánica con un pH de 5,5 a 7,5.

**Variedades:** Variedad cinteña, la isleña amarilla, pollera colorada, en la zona de Quivi quivi, cerca debe Betanzos, en Potosí se hacen enormes almátigos de cebolla blanca.

**Rendimiento:** 10.000 – 20.000 kilogramos / Hectárea.

**Ciclo vegetativo:** 110 a 140 días desde almacigo hasta la cosecha, dependiendo del clima y la variedad.

**Sistema de siembra:** Hacer almátigos cuidando de mantener la humedad necesaria, la distancia entre surcos de 60 centímetros dependiendo de la variedad y una distancia entre planta sobre el surco de 5 a 10 cm.

**Plagas:** Principalmente piojitos, trips, algunas petitas o loritos, gusanos cortadores y agrotis.

**Épocas de siembra:** En numerosas regiones de Bolivia se siembra todo el año, se prefieren las siembras de primavera donde el clima no es muy frío, en los llanos en el invierno.

(<http://www.angelfire.com/ia2/ingenieriaagricola/cebolla.htm>)

**ARROZ - *Oriza sativa* L.**

**Altitud:** el arroz se cultiva desde el nivel del mar hasta los 2500 msnm

**Temperatura:** 13°C y 14°C con Máx. de 30°C y Mín. de 7°C.

**Brillo solar:** 10 horas luz.

**Distancia y densidad de siembra:** distancia entre surcos de 16 a 20 cm

**Requerimiento de lluvias:** 900 - 1.500 mm anuales.

**Suelos:** Diferentes tipos de suelos preferentemente de textura pesada, planos, y buena capacidad de retener agua, los suelos arenosos son muy pobres para este cultivo.

**Rendimiento:** 2.300 kg / Hectárea.

**Cosecha:** A los 100 – 150 días después de la siembra.

**Época de siembra:** Depende mucho de la variedad y la zona generalmente se realiza la siembra en octubre y diciembre.

**Sistema de siembra:** Con sembradora graduada para chorro continuo, con distancia entre los surcos de 16 a 20 centímetros. Cuando se utiliza herbicidas. La distancia entre surcos aumentará a 30 – 40 centímetros

**Plagas:** Barrenadores, comedores y hojas y chupadores, la petilla y gusano militar.

## GIRASOL – *Helianthus annuus*



**Altitud:** 0 – 1.500 msnm.

**Temperatura:** 12 - 30 °C.

**Brillo solar:** Durante la fase reproductiva el fotoperiodo deja de tener influencia y comienza a tener importancia la intensidad y la calidad de la luz, por tanto un sombreado en plantas jóvenes produce un alargamiento del tallo y reduce la superficie foliar.

**Distancia de siembra:** Aproximadamente de 60 - 80 centímetros entre surco y 30 – 40 entre planta.

**Suelos:** Los mejores suelos son los suelos franco arenosos a franco arcillosos profundos, con buen contenido de materia orgánica y buen drenaje.

**Clima:** La resistencia del girasol a las bajas temperaturas, heladas, sequía y daños causados por enfermedades e insectos es superior a la del maíz.

**Variedades:** Variedades Taiwan 1 y Taiwan 2, existen otras variedades que se producen en Cochabamba, Santa Cruz, Tarija, Betanzos y Caiza de Potosí.

**Población por hectárea:** 40.000 plantas por hectárea.

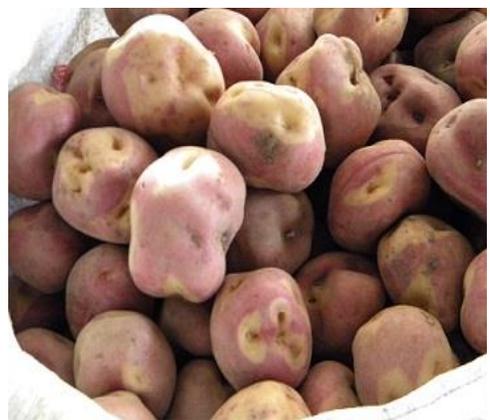
**Ciclo Vegetativo:** De 85 a 100 días un poco más en lugares fríos.

**Cosecha:** A los 100 – 150 días después de la siembra.

**Plagas:** Gusano cortado, agrotis, prodenia, gusano pegador de hojas, hormigas, etc.

**Enfermedades:**

## PAPA – *Solanum tuberosum*



**Altitud:** 460 – 3.000 msnm.

**Temperatura:** 10 – 30 °C.

**Brillo solar:** 12 horas luz.

**Distancia de siembra:** Distancia entre hileras 65 – 80 centímetros, distancia entre plantas 20 – 35 centímetros.

**Requerimiento de lluvia:** de 400 a 1000 mm anuales. **Suelos:** Porosos, sueltos, bien drenados y aireados, con gran contenido de materia orgánica.

**Rendimiento:** 5000 a 15000 kilogramos / Hectárea. Se ha llegado bajo riego en Potosí a 30000 kilogramos por hectárea.

**Cosecha:** A los 100 – 150 días después de la siembra.

**Plagas:** Gusano blanco, gorgojo de la papa, polilla de la papa

**Ciclo vegetativo:** 90 días en zonas bajas y templadas y calurosas 120 a 150 días en zonas altas y frías, dependiendo de la variedad y si el cultivo está bajo riego o no.

**Época de siembra:** En el Altiplano desde agosto hasta noviembre. En los Valles desde Julio hasta noviembre. En los llanos al finalizar la época de lluvia.

**Enfermedades:** Mucho control en caso de presentarse *Phytophthora infestans*

## QUINUA – *Chenopodium quinoa*



**Altitud:** 2 000 a 3 400 msnm.

**Temperatura:** La quinua produce bien en áreas cuya temperatura oscila entre 9° a 16° C, pudiendo soportar heladas de – 5° C. La presencia de veranillos prolongados, con altas temperaturas 104 diurnas fuerza a la formación de la panoja y su maduración, lo que se traduce en bajos rendimientos. (Fuente: <http://www.fao.org>).

**Precipitación:** las precipitaciones anuales de 600 a 2600 mm son las más apropiadas para el cultivo de la quinua.

**Brillo solar:** 10 horas luz.

**Distancia y densidad de siembra:** Aproximadamente 1.500.000 Plantas / Hectárea, siembra al voleo.

**Pendiente:** igual 0 menor a 20 por ciento

**Suelos:** La quinua prospera bien en zonas cuya altitud se encuentra en una franja que va desde los 2 200 a 3 000 metros sobre el nivel del mar, con suelos franco limosos o franco arcillosos, pH de 6.3 – 7.3, y buen drenaje. (Fuente: <http://www.fao.org>). Suelos salinos o alcalinos zonas con heladas.

**Sistema de siembra:** Al voleo o en líneas. En líneas distancia entre hileras 40 cm y distancia entre plantas 30 cm.

**Rendimiento:** 12 – 16 quintales / Hectárea, decir de 550 a 750 kilogramos por hectárea.

**Cosecha:** A los 100 – 150 días después de la siembra.

**Época de siembra:** Varía de acuerdo a la zona, pero generalmente se efectúa en octubre y noviembre.

## SORGO – *Sorghum vulgare*



**Altitud:** 500 - 1500 msnm.

**Temperatura:** 18 – 32 °C.

**Brillo solar:** 12 horas luz.

**Distancia y densidad de siembra:** Distancia entre plantas 10 centímetros y distancia entre surcos de 40 – 100 centímetros.

**Variedades:** E-58 Dekalb, BR64 Delkalb, NK – 300 Northrui King, NK – 266, etc.

**Requerimiento de lluvia:** Precipitación óptima 400 -550 mm, precipitación conveniente 350 mm y precipitación mínima 250 mm.

**Rendimiento:** 5 - 6 Toneladas / Hectárea.

**Suelo:** Suelo con buena fertilidad con un pH 6.2 a 7.8.

**Ciclo vegetativo:** de 90 a 100 días.

**Plagas:** Principalmente son: el gusano cogollero, barrenadores, áfidos, su control es parecido al cultivo de maíz.

**Enfermedades:** El sorgo es susceptible a muchas enfermedades de tipo fungoso y bacteriano.

**Rendimiento:** 4000 kilogramos por hectárea.

## SOYA – *Glycine soja*



**Temperatura:** 30 – 42 °C.

**Brillo solar:** 10 horas luz.

**Distancia y densidad de siembra:** Aproximadamente 1.500.000 Plantas / Hectárea, siembra al voleo.

**Variedades:** Orizicas y cicas.

**Rendimiento:** 5 - 6 Toneladas / Hectárea.

**Suelos:** Terrenos de fertilidad mediana, de textura franco arenosa, franco – limosa y que tengan drenaje adecuado.

**Ciclo Vegetativo:** de 120 – 150 según variedad.

**Cosecha:** A los 100 – 150 días después de la siembra.

**Épocas de siembras:** principalmente en verano las primeras fehas del mes de noviembre hast afines de diciembre dependiendo d la variedad, de las condiciones de temperatura, humedad del suelo, etc. También se puede sembrar en el invierno, pero en este caso la soya es afectada por que el día es más corto, menor temperatura y menor humedad. Pero ello disminuye la planta de tamaño y deberá aumentarse la población por hectárea, en invierno se siembra en julio.

**Rendimiento:** Promedios generales dan 1,9 toneladas/hectáreas.

## TOMATE - *Lycopersicon esculentum* Mill.



**Altitud:** 200 - 3500 msnm.

**Temperatura:** 13 - 24 °C.

**Brillo solar:** 15 horas luz.

**Distancia de siembra:** Distancia entre hileras 1.50 – 1.80 metros y distancia entre plantas 30 – 50 centímetros

**Variedades:** Existen variedades que pueden ser tardías y tempranas.

**Rendimiento:** varían de 5.000 – 12.000 kilogramos por hectárea.

**Cosecha:** A los 70 -100 días después de la siembra.

**Ciclo vegetativo:** 70 días para tomates de consumo en fresco y de 70 -90 a 120 días para los de uso industrial.

**Suelos:** Franco – arenosos con bastante materia orgánica, francos y arcillosos bien estrcututados y con buen drenaje.

**Plagas:** Gusano cortadores, Agrotis, gusanos minadores de las hojas chinche verde hediondo, afidos, barrenadores del tallo, acaros.

**Enfermedades:** Hongos varios Rhizoctonia – alternaría – phitophtora infestans.

## TRIGO – *Triticum sativum*



**Altitud:** 500 - 3500 msnm.

**Temperatura:** 18 - 25 °C.

**Brillo solar:** 12 horas luz.

**Distancia siembra:** Aproximadamente 1.500.000 Plantas / Hectárea, siembra al voleo.

**Requerimiento de lluvias:** Este cultivo es a secano. Dependiendo de la altura geográfica en que se encuentra el cultivo en requerimiento de las lluvias varía entre 200 – 600 mm por año.

**Varietades:** Algunas de las tradicionales: candeal Manitoba, Atoju chupa, australiano, jaral, chinoli 70, saguayo.

**Rendimiento:** de 500 - 1500 / Hectárea.

**Cosecha:** A los 100 – 150 días después de la siembra.

**Plagas:** pulgón verde, el gusano militar, barrenador mayor y menor, polillas.

**Enfermedades:** Roya de tallo, roya del tallo, polvillo negro, punta negra.

## CAÑA DE AZÚCAR - *Saccharum officinarum*



**Altitud:** 500 – 3.000 msnm.

**Temperatura:** para la germinación entre 32 °C y 38 °C, para el macollamiento 32 °C y para el crecimiento 27 °C.

**Brillo Solar:** A mayor radiación solar, mayor será la eficiencia de la fotosíntesis y en consecuencia mayor será también la producción y la acumulación de azúcares.

**Requerimiento de lluvias:** 1.000 mm anuales, bien distribuidos, con una época seca para efectuar la zafra o cosecha.

**Distancia y densidad de siembra:** 1.20 metros.

**Varietades:** Orizicas y cicas.

**Rendimiento:** 35 - 120 Toneladas / Hectárea.

**Cosecha:** A los 100 – 150 días después de la siembra.

**Suelo:** Franco – arenoso, franco arenoso limoso

**Plagas:** Talador de caña o barrenador (*Diatraea sp.*), Barrenador menor (*Elasmopalpus lignosellus*), Picudo (*Metastelus*), Salivazo (*Mehanao expectabilis*).

**Enfermedades:** Mancha ojival, mancha anular, mal de la escalera, muermo rojo, raquitismo de socas pueden deberse a hongos o a deficiencias nutricionales.

## ZANAHORIA - *Daucus carota L.*



**Altitud:** 200 - 3500 msnm.

**Temperatura:** 15 - 30 °C.

**Brillo solar:** 13 horas luz.

**Distancia de siembra:** Aproximadamente distancia entre hileras 70 – 80 centímetros y la distancia entre plantas.

**Suelos:** Suelos profundos, sueltos con gran contenido de materia orgánica y con un pH de 6 a 6.5.

**Ciclo vegetativo:** De 80 – 120 días.

**Rendimiento:** 10.000 – 15.000 kilogramos/ Hectárea.

**Cosecha:** A los 100 – 150 días después de la siembra.

**Plagas:** gusanos cortadores, acaros rojos, chinches y otros insectos.

**Enfermedades:** *Alternaria* ssp. *Sclerotium rolfsii* Saeae, nematodos.

## MAÍZ - *Zea mays*



**Altitud:** 500 – 3.000 msnm.

**Temperatura:** para la germinación entre 32 °C y 38 °C, para el macollamiento 32 °C y para el crecimiento 27 °C.

**Brillo Solar:** A mayor radiación solar, mayor será la eficiencia de la fotosíntesis y en consecuencia mayor será también la producción y la acumulación de azúcares.

**Requerimiento de lluvias:** varían según la región del país 500 mmy 1.500 mm.

**Distancia y densidad de siembra:** 1.20 metros.

**Variedades:** Orizicas y cicas.

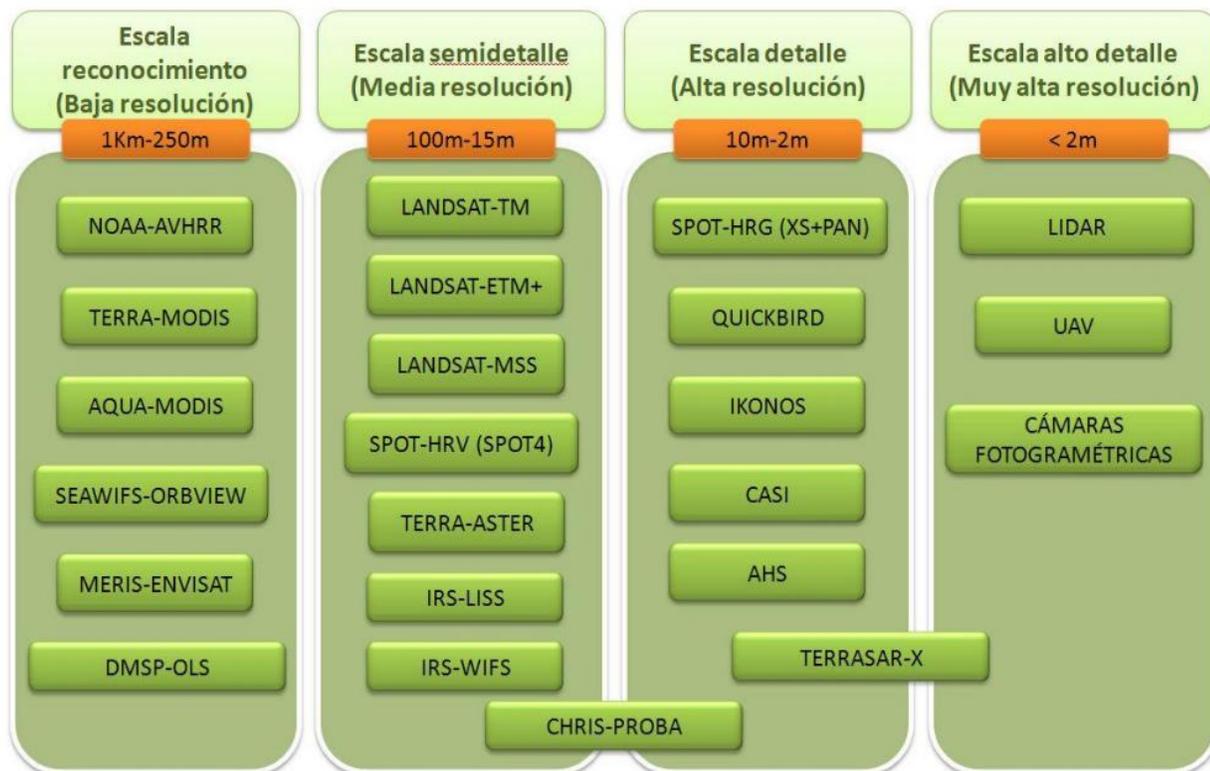
**Rendimiento:** 35 - 120 Toneladas / Hectárea.

**Cosecha:** A los 100 – 150 días después de la siembra.

**Suelo:** Aunque se puedan aprovechar suelos de toda clase, para mejores rendimientos se recomienda, suelos francos y ricos en materia orgánica, con buen drenaje.

**Plagas:** Gusano cogollero, barrenador de tallo.

## Anexo 2. Descripción de las imágenes satelitales



**Anexo 2.1. Descripción general de las plataformas para la descarga de imagen**

<b>RADAR</b>	<b>TIPO</b>	<b>BANDA</b>	<b>RESOLUCIÓN</b>	<b>COBERTURA</b>	<b>FRECUENCIA</b>
Almarz - 1	SAR	S	15 m	40km	?
RadarSat	SAR	C	10 - 100 m	45 - 500 km	3 -24 días
MeteoSat (1977....)	VIS	1	2.5 km	Distco terrestre	30 mints
	MIR/WVA	2	5 km	Distco terrestre	30 mints
	TI	3	5 km	Distco terrestre	30 mints
GOES (1975....)	IMAGER	1	1km	Distco terrestre	30 mints
		2	4 km	Distco terrestre	30 mints
		3	8 km	Distco terrestre	30 mints
		4	4 km	Distco terrestre	30 mints
		5	4 km	Distco terrestre	30 mints
	SOUNDER	19 bandas	??	Distco terrestre	30 mints
NOAA (1972...)	AVHRR	1	1.09 km	2600 km	12 horas
		2	1.09 km	2600 km	12 horas
		3A	1.09 km	2600 km	12 horas
		3B	1.09 km	2600 km	12 horas
		4	1.09 km	2600 km	12 horas
		5	1.09 km	2600 km	12 horas
NIMBUS (1964...)	CZCS	6 bandas	825 m	1566 km	17 días
MOS - 1 (1987 - 1996)	VTIR	4 bandas	2700 m	1500 km	2 días
	MESSR 1 Y 2	4 bandas	50 m	100 a 200 km	17 días
	MSR	2 bandas	3200 m	317 km	??
DMSP	OLS	VIS - IRC	0.56/2.7 km	3000 km	6 horas
		IRT	2.7 km	3000 km	6 horas
		Photo Multiplier Tube (PMT)	??	3000 km	??
	SSM/I	7 bandas	??	??	??
	SSM/T-2	5 bandas	48 km	1500 km	??
LANDSAT 1 -2 (1972 - 1978) (1975 - 1982)	RBV	3 bandas (1,2,3)	80 m	185 km	18 días
	MSS	4 bandas (4,5,6,7)	80 m	185 km	18 días
LANDSAT 3	RBV	1 banda	80 m	185 km	18 días
	MSS	4 bandas y 1 termica	80 m	185 km	18 días
LANDSAT 4 - 5 (1982 - 1987)(1984 - 2001)	TM	7 bandas	30 m	185 km	16 días
	MSS	4 bandas	75 m	185 km	16 días
LANDSAT 6 (1993 - se perdió en el lanzamiento)	ETM	6 bandas 1 thermal y 1 pancromatica	30 m	185 km	16 días

RADAR	TIPO	BANDA	RESOLUCIÓN	COBERTURA	FRECUENCIA
LANDSTA 7 (1999 - ....)	ETM+	6 bandas 1 thermal y 1 pancromatica	30 m	185 km	16 días
LANDSAT 8					
IRS 1 A & B (1988 - 1992) (1991 - ....)	LISS - I	4 bandas	72.5 m	148 km	22 días
	LISS - II	4 bandas	36.5 m	74 km	22 días
IRS - 1C - D (1995 - ...) (1997 - ...)	Pan	1	5.8 m	70 km	24 días
	LISS - III	4 bandas	23 m	142 km	24 días
JERS-1 (1992 - 1998)	OPS	8 bandas	18 m	75 km	44 días
	SAR	L - Band	18 m	15 km	44 días
SPOT 1 - 3 (1986 - ...) (1990 - ...) (1993 - ...)	HRV	3 bandas y 1 PAN	20 m	60 km	5 - 26 días
	HRVIR	3 bandas y 1 PAN	2 m	60 km	5 - 26 días
SPOT 4 (1998...)	VEGETATION	4 Bandas	1 km	~2200 km	~ 1 día
Orb View - 2 (1997 - ...)	Sea WiFs	8 bandas	1.1 km	2800 km	1 día
Orb View - 3 (1991 -2000)	Pan	1 banda	1 m	8 km	< 3 días
	Multi	4 bandas	4 m	8 km	< 3 días
ERS - 1 (1991 - 2000)	ATSR	4 bandas (1,2,3,4)	1 km	500 km	3 a 168 días
ERS - 2 (1995 - ...)	ATSR	3 bandas (5,6,7)	1 km	500 km	3 a 168 días
	AMI	SAR Image Mode	30 m	10 km	16 - 35 días
		SAR Wave Mode	10 m	5 km	16 - 35 días
		Wind Scatterometer	500m	500 km	16 - 35 días
	RA	K - band	0.1 m	1.3°	??
IKONOS (1999 - ...)	Pan	1 banda	1 m	11 km	3 días
	Multi	4 bandas	4 m	11 km	3 días
TERRA EOS AM - 1	ASTER	14 bandas	15 - 90 m	60 km	<16 días
TERRA (1998 - ...) EOS AM - 1	CERES	3 bandas	20 km	variable	1 día
	MISR	4 bandas	275 - 250 m	360 km	2 - 9 días
	MODIS	36 bandas	250 m (1 - 2) 500 m (3 - 7) 1 km (8 - 36)	2330 km	1 - 2 días
	MOPITT	3 bandas	22 km	640 km	4 - 5 días
SPIN - 2	CÁMARA TK - 350	1 banda	10 m	200 km	
	CÁMARA KVR - 1000	1 banda	2 m	160 km	??



**Anexo 3.**

**FORMULARIO GPS LEVANTAMIENTO DE INFORMACION DE CAMPO DURANTE EL TRAYECTO (CAMINO)**

<b>Nombre Encuestador:</b>	<b>N° Brigada:</b>	<b>Fecha:</b>
<b>Departamento:</b>	<b>Provincia:</b>	<b>Municipio:</b>

N°	CODIGO DE CULTIVO OBSERVADO IZQUIERDA	PUNTO - GPS	CODIGO DE CULTIVO OBSERVADO DERECHA	ORIGEN DE RUTEO	DESTINO DE RUTEO	N°	CODIGO DE CULTIVO OBSERVADO IZQUIERDA	PUNTO - GPS	CODIGO DE CULTIVO OBSERVADO DERECHA	ORIGEN DE RUTEO	DESTINO DE RUTEO	OBSERVACIONES
1						26						
2						27						
3						28						
4						29						
5						30						
6						31						
7						32						
8						33						
9						34						
10						35						
11						36						
12						37						
13						38						
14						39						
15						40						
16						41						
17						42						
18						43						
19						44						

CODIGO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<b>CULTIVO</b>	Arroz con cáscara	Cebada en grano	Maíz en grano	Quinua	Sorgo en grano	Trigo	Cacao	Café	Banano	Durazno	Mandarina	Naranja	Piña	Plátano	Uva	Ajo	Arveja	Cebolla
CODIGO	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
<b>CULTIVO</b>	Frijol/poroto	Haba	Maíz choclo	Tomate	Zanahoria	Algodón	Caña de Azúcar	Girasol	Maní	Sésamo	Soya	Papa	Yuca	Alfalfa	Cebada berza	Forraje	Otro (Describir)	